



## O SISTEMA PARA CONTROLO DE DESLOCAMENTOS VERTICAIS DA ALA OCIDENTAL DO TERREIRO DO PAÇO

Maria João HENRIQUES, João COELHO, Joaquim VIEIRA, Henrique CANDEIAS e Fernando CATRAU

*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*

**Resumo:** Em meados da década de 1950 foi instalado um sistema para controlo de deslocamentos verticais do edifício da ala ocidental do Terreiro do Paço, em Lisboa. No presente trabalho é descrito o sistema instalado e apresentados os resultados obtidos.

**Palavras-chave:** deslocamento vertical/ nivelamento geométrico / monitorização/ monumento / Terreiro do Paço

### 1. INTRODUÇÃO

A existência de um assentamento diferencial da ala ocidental dos edifícios que rodeiam o Terreiro do Paço levou a que se tivesse estabelecido, na década de 1950, uma linha de nivelamento geométrico ao longo da referida ala. No presente trabalho é efectuada uma descrição do local e da linha de nivelamento. São também apresentados os resultados obtidos.

### 2. O EDIFICADO DO TERREIRO DO PAÇO

O Terreiro do Paço era o local onde se erguiam vários edifícios importantes para a vida da cidade. Entre estes encontrava-se o Paço Real, que foi desde 1511 até ao terramoto de 1755 a principal residência real na cidade, a Alfândega Real e a Casa da Índia. Durante a época Filipina alguns dos edifícios foram transformados, tendo sido construído um torreão no local onde existira um baluarte manuelino. Na Figura 1 apresenta-se uma secção de um painel de azulejos patente no Museu Nacional de Azulejos datável de 1700. Esta secção reproduz a zona da Baixa de Lisboa vista do Tejo e vê-se destacado, em primeiro plano, do lado esquerdo, o referido torreão e, na zona central, a separar o Terreiro do rio Tejo, uma muralha e alguns edifícios.

Após o terramoto de 1755 viria a ser edificada uma nova Praça, designada “do Comércio”, de forma rectangular, aberta para o rio Tejo, e com os restantes lados limitados por blocos de edifícios. Junto ao Tejo, as alas laterais deste conjunto são limitadas por torreões. Na Figura 2 (de LNEC, 1966) apresenta-se uma planta da praça, onde foi representada a localização dos edifícios que existiriam antes do terramoto (limites representados por linhas a tracejado) e os existentes em 1940 (áreas preenchidas a cinzento).

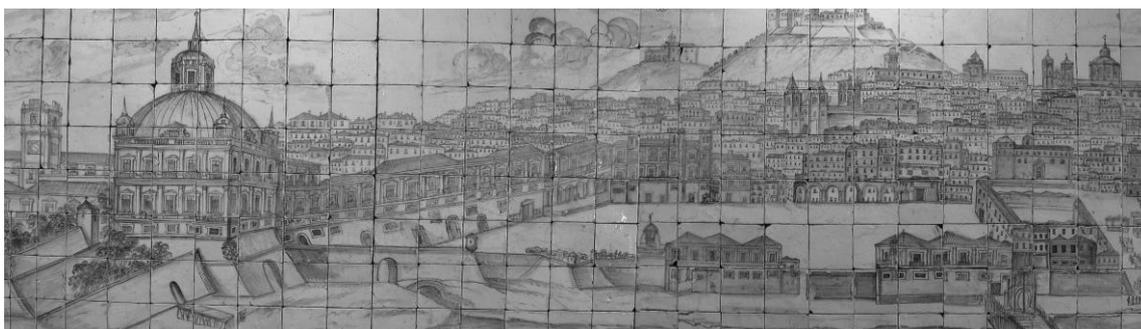


Figura 1 – Secção do painel “Grande Panorama de Lisboa atribuído a Gabriel del Barco

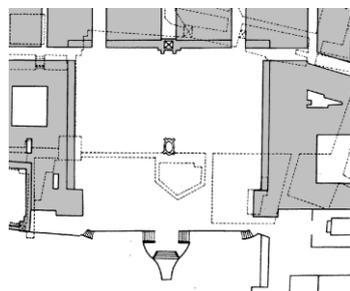


Figura 2 – Planta do Torreiro do Paço

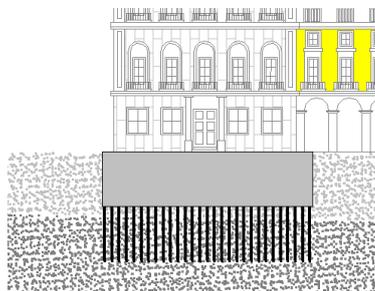


Figura 3 – Fundação do Torreão poente

A uniformidade de toda a Praça leva à ideia que terão sido todos construídos na mesma época. Mas tal não corresponde à situação real. No livro “As Muralhas da Ribeira de Lisboa” (Vieira da Silva, 1940), citado num relatório do LNEC (1966), refere-se que, enquanto a ala oriental, construída sobre terrenos já totalmente edificados antes do terramoto, já estava completa em 1772, a ala ocidental foi concluída posteriormente, quase um século depois. Dado que o antigo torreão filipino limitava o antigo Terreiro nas proximidades do Tejo, a edificação de um novo torreão, a algumas dezenas de metros deste, na direcção do rio, obrigou à construção de novos aterros. A referida obra cita documentos que relatam problemas encontrados na construção daquela ala resultantes da má ligação entre os aterros antigos e os posteriores a 1755.

Na ala ocidental começaram a surgir sinais de um assentamento diferencial, visíveis pelas descontinuidades entre os diferentes blocos de pedra de um friso que se estende ao longo de todo o edifício e pelas fendas nas paredes. Em 1965 foram efectuadas sondagens na zona envolvente ao Torreão que permitiram esclarecer o tipo de estratigrafia existente. O Torreão foi construído sobre um maciço de alvenaria e este estará assente sobre uma grade de madeira constituída por toros de pinheiro à qual estão ligadas estacas também de pinheiro (ver Figura 3); o restante edifício está assente directamente sobre entulho. Sondagens efectuadas posteriormente a 2000, para a construção de um túnel, vieram confirmar os resultados anteriormente obtidos: existe uma camada superficial de entulho, existindo por baixo camadas de lodos e areias lodosas, camadas que são muito comprimíveis, o que terá originado o assentamento daquela zona. Nas sondagens efectuadas em S1 e S3 (Figura 4) foram ainda encontradas alvenarias, que se pensa que correspondam às fundações do antigo torreão (S1) e à antiga muralha da Ribeira das Naus (S3).

Na zona do Terreiro do Paço têm ocorrido várias intervenções desde meados da década de 1990. São de destacar as obras do Metropolitano, com a abertura de um túnel no leito do rio Tejo, a cerca 60 m de distância do Torreão poente e a 15 m de profundidade, e, no âmbito do Plano Integrado de Intervenção no Terreiro do Paço, a instalação de duas galerias de descarga de águas pluviais e de um interceptor de recolha de efluentes e ainda a consolidação dos terrenos contíguos ao Torreão poente. No caso da abertura do túnel do Metropolitano há a destacar: i) abertura do poço da Marinha, para acesso e transporte de equipamento para a construção do túnel (1996-1997); ii) dragagem, colocação de estacas de brita e de aterro por cima do local onde viria a ser construído o túnel para consolidação dos solos (1997); iii) construção do túnel (1998); iv) aliuimento de terras que levou à inundação do túnel (Junho de 2000); v) colocação de mais aterro entre o aterro referido em ii e o muro que limita a Ribeira das Naus e o Terreiro do Paço (2003); vi) reforço dos solos na envolvente do túnel pela execução de colunas de *jet – grouting*, (Junho e Julho de 2007). As obras de consolidação da envolvente à base do Torreão, intervenção que decorreu na primeira metade de 2009, consistiram na colocação de uma cortina de 29 estacas de betão, nas frentes sul e nascente, até 50 metros de profundidade.

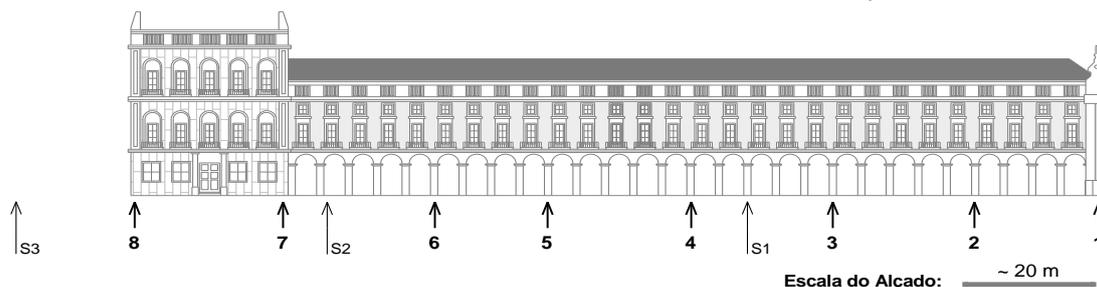


Figura 4 – Localização aproximada dos oito pontos da linha de nivelamento e das três zonas (S) de sondagens



### 3. DESCRIÇÃO DA LINHA DE NIVELAMENTO

A necessidade de determinar, com exactidão, a magnitude dos assentamentos levou a que tivesse sido instalada, em meados da década de 1950, uma linha de nivelamento que percorre a ala ocidental. A linha tem um comprimento total de 150 m e é composta por oito pontos cuja localização aproximada se apresenta na Figura 4. Seis encontram-se na base dos pilares que sustentam os arcos e dois no Torreão. O ponto 1 foi escolhido para ponto de referência por ser o que se situa mais longe do rio Tejo. Todos estão materializados por tacos de nivelamento em latão fixados em hastes de ferro que se encontram chumbadas no edifício, numa cota ligeiramente inferior ao passeio, cobertos por terra para protecção (Figura 5). Alguns dos tacos possuem uma caixa em betão a envolver a zona (Figura 6); noutros a caixa foi destruída e os tacos estão cobertos com empedrado. Mais recentemente, alguns arranjos realizados no Terreiro tornaram inviáveis as observações para os pontos 4 e 5, pelo facto de um dos pontos ter ficado danificado e o outro inacessível.

Quadro 1 – Relação das campanhas efectuadas

ÉPOCA	DATA	ÉPOCA	DATA	ÉPOCA	DATA	ÉPOCA	DATA
1	1956-Fev	7	1967-Jul	13	1989-Jan	19	2003-Dez
2	1956-Out	8	1969-Abr	14	1999-Mai	20	2005-Mai
3	1957-Abr	9	1971-Jul	15	2000-Jul	21	2007-Mai
4	1957-Out	10	1974-Mai	16	2001-Jul	22	2007-Set
5	1964-Fev	11	1978-Nov	17	2003-Mar	23	2009-Jan
6	1965-Nov	12	1982-Dez	18	2003-Mai	24	2009-Jul

Até meados de 2009 foram efectuadas 24 campanhas de nivelamento (Quadro 1). Nas primeiras era utilizado um nível Wild N3; actualmente utiliza-se um nível automático Wild NA2, também com micrómetro de faces paralelas o que permite efectuar leituras directas de 0.1 mm. Em todas as campanhas utilizam-se miras com escala em invar. Com base na incerteza de medição de cada desnível estima-se que os deslocamentos estejam a ser calculados com uma incerteza de 0.3 mm.

Com base nos valores dos desníveis, valores estes calculados com base em leituras efectuadas para miras estacionados nos pontos (Figura 7) são calculadas cotas relativas ao ponto 1 e, com base nestas, os deslocamentos verticais. Nas Figura 8 e 9 apresentam-se os deslocamentos relativos à primeira época: na Figura 8 tendo em abcissa os pontos, na Figura 9 o tempo (anos). Na Figura 10 apresentam-se três gráficos com deslocamentos tendo como referência três épocas distintas, estando representado em abcissa os anos, tendo-se, nos três gráficos, mantido a mesma escala.

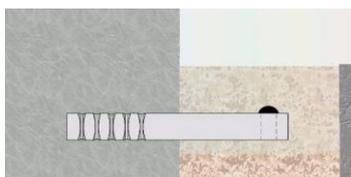


Figura 5 – Esquema do taco e sua fixação ao edifício



Figura 6 – Taco de nivelamento com caixa para protecção



Figura 7 – Leitura para a mira estacionada no ponto 6

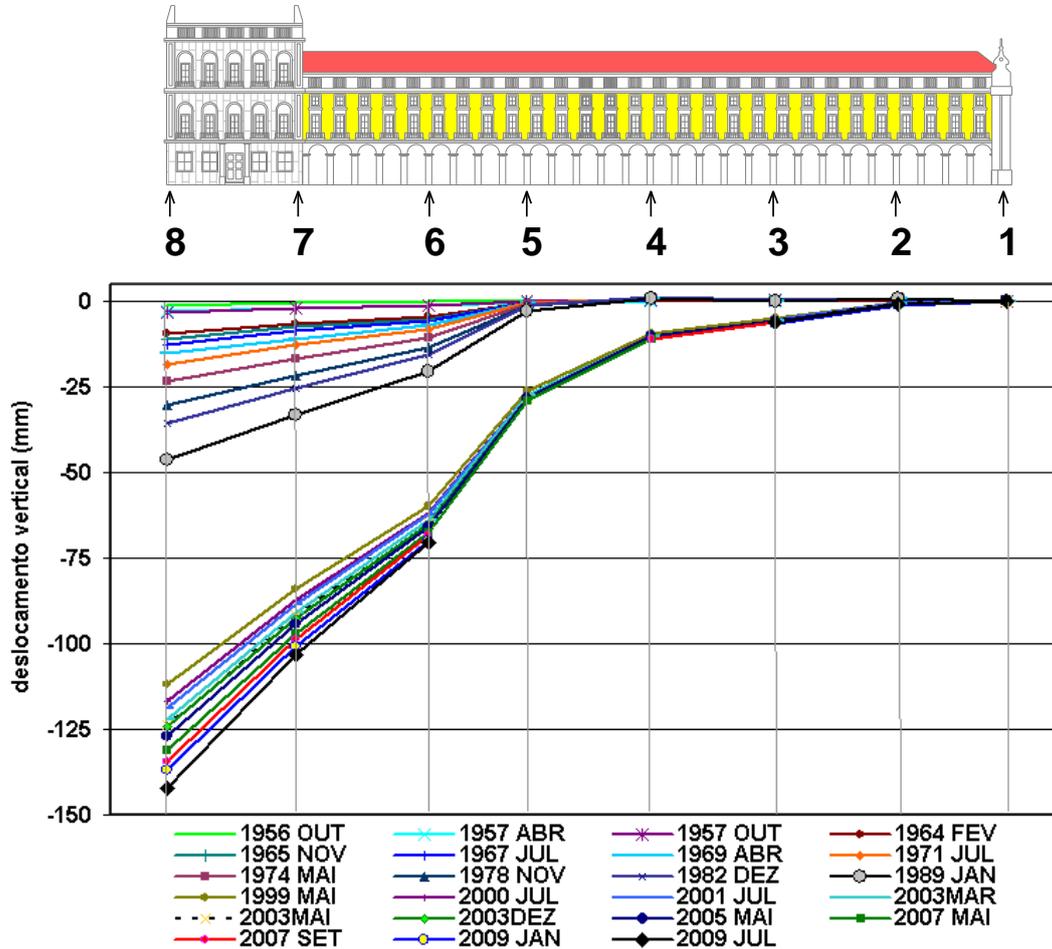


Figura 8 – Deslocamentos verticais em relação à primeira época

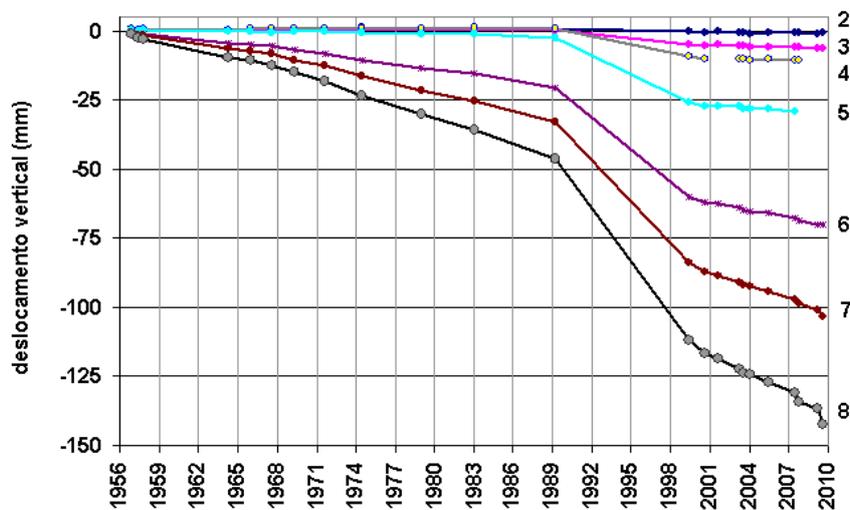


Figura 9 – Deslocamentos verticais em relação à primeira época

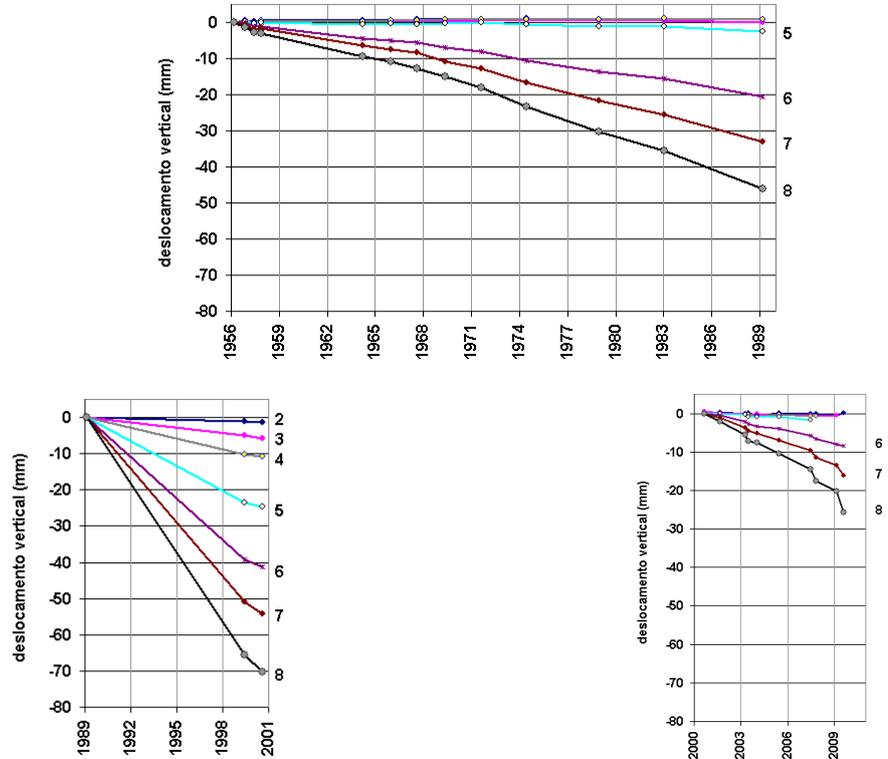


Figura 10 – Deslocamentos verticais: i) das épocas de 1957 a 1989 em relação à primeira época (1956); ii) das épocas de 1999 e 2000 em relação à e 1989; iii) das épocas posteriores a 2000 em relação à de 2000

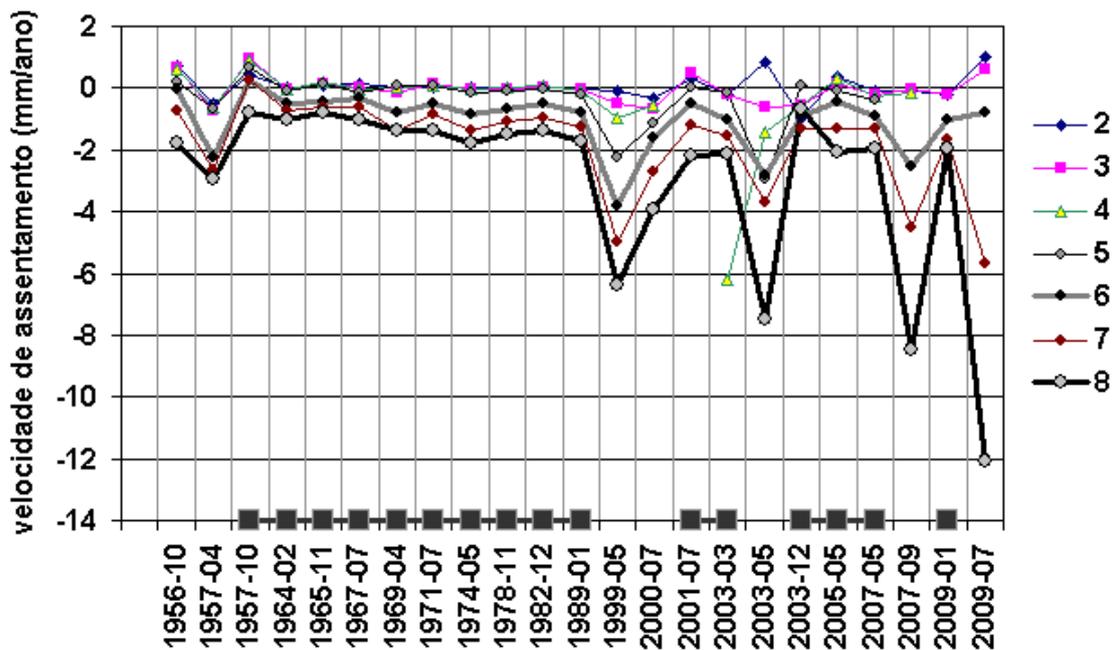


Figura 11 – Velocidade de assentamento anual média. Cada época tem como referência a época imediatamente anterior



Com base nos deslocamentos e no intervalo de tempo entre épocas, é possível calcular a velocidade de assentamento anual média dos sete pontos objecto. Na Figura 11 apresenta-se a velocidade de assentamento sendo que, para cada época, os valores apresentados foram calculados tendo como referência a época imediatamente anterior. Uma análise permite verificar que existem quatro períodos/épocas em que, para cada ponto, a velocidade do assentamento é praticamente constante: 1957-10 a 1989-01; 2001-07 a 2003-03; 2003-12 a 2007-05; época de 2009-01. Nas restantes sete épocas a velocidade de assentamento foi superior.

#### 4. CONCLUSÕES

Quando se pretende controlar deslocamentos verticais e a área a monitorizar não é muito extensa, é de fácil acesso, tem desníveis reduzidos, o nivelamento geométrico é o método mais simples, mais exacto e menos oneroso de proceder ao referido controlo. A conjugar com os factores atrás citados, há ainda a considerar a forma de materialização dos pontos a controlar a qual, por ser efectuada por peças robustas e de pequenas dimensões, faz com que, mesmo em locais muito frequentados, as linhas tenham longevidade elevadas. O caso da linha de nivelamento do Terreiro do Paço, é um dos muitos exemplos que o demonstram (Henriques et. al., 2001).

Analisando os gráficos dos deslocamentos verticais da ala ocidental do Terreiro do Paço, verifica-se que existem três períodos onde ocorreram comportamentos diferenciados. O primeiro período, de 1956 até 1989, apresenta velocidades de assentamento relativamente constantes, sendo que só os pontos 6, 7 e 8 têm deslocamentos assinaláveis. No segundo período, entre 1989 e Julho de 2000, ocorreram os maiores deslocamentos, sendo que todos os pontos, com excepção do 2 (o ponto 1 é referência), apresentam assentamentos notáveis, sendo menores na zona norte e superiores na zona sul, ou seja, no Torreão. Por fim, no intervalo entre 2001 e 2009, volta-se a verificar que somente os pontos 6, 7 e 8 têm deslocamentos assinaláveis e que a velocidade de assentamento é quase constante, embora um pouco superior à ocorrida no intervalo 1956 – 1989. Entre 2001 e 2009 registaram-se, durante períodos pontuais, aumentos da velocidade de assentamento.

#### Referências

- Henriques, M.J. e Casaca, J.M. (2001). Monitoring Vertical Displacements by Means of Geometric Levelling. Em P.B.Lourenço e P.Roca (ed.), Proceedings of the 3rd International Seminar on Historical Constructions, Universidade do Minho, 2001, pg. 403-412.
- LNEC (1966). Assentamentos do Torreão da Ala Poente da Praça do Comércio. Relatório, LNEC.
- Vieira da Silva, A. (1940). As Muralhas da Ribeira de Lisboa. 2ª Ed. Publicações Culturais da Câmara Municipal de Lisboa. Em <http://geo.cm-lisboa.pt/> (consultado em 2009.07.27).

#### Contactos

Maria João HENRIQUES  
mjoao@lnec.pt  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil – Núcleo de Geodesia Aplicada  
[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)  
Portugal